

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS.
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10143905 A**

(43) Date of publication of application: **29.05.98**

(51) Int. Cl

G11B 7/135
G02B 13/18

(21) Application number: **08300093**

(71) Applicant: **KONICA CORP**

(22) Date of filing: **12.11.96**

(72) Inventor: **ARAI NORIKAZU**
HONDA KOJI

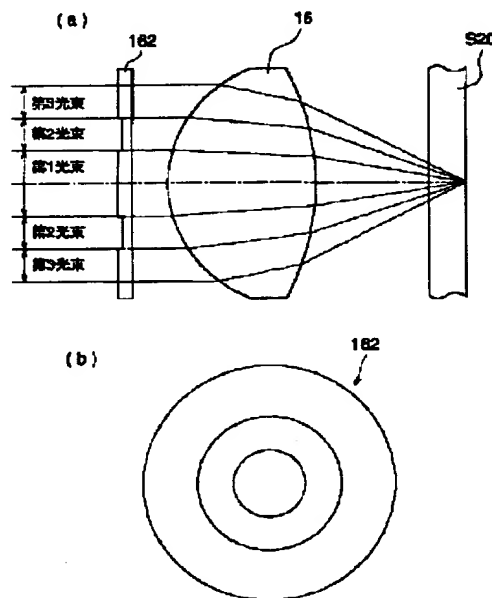
(54) **OPTICAL PICKUP, OBJECTIVE LENS AND
OBJECTIVE LENS DESIGNING METHOD**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make possible reproducing plural optical disks by a convergent optical system, to realize it at a low cost without complexing and also to deal with the optical disk of a high NA.

SOLUTION: Luminous flux converged by an objective lens 16 of an optical pickup device is divided to plural luminous flux, and a phase of a wave front of second luminous flux is shifted from the phases of the wave fronts of first luminous flux and third luminous flux. When a first optical disk with transparent substrate thickness of t_1 is reproduced, the first luminous flux and the third luminous flux are used, and when a second optical disk with the transparent substrate thickness of t_2 ($t_2 \neq t_1$) is reproduced, the first luminous flux and the second luminous flux are used.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-143905

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月29日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 1 1 B 7/135

G 1 1 B 7/135

A

G 0 2 B 13/18

G 0 2 B 13/18

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願平8-300093

(22) 出願日

平成8年(1996)11月12日

(71) 出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(72) 発明者 荒井 則一

東京都八王子市石川町2970番地コニカ株式会社内

(72) 発明者 本田 浩司

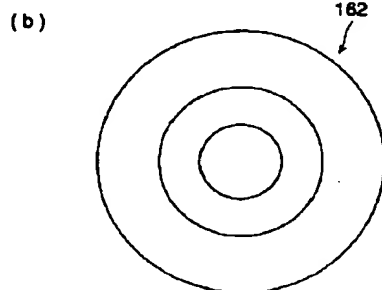
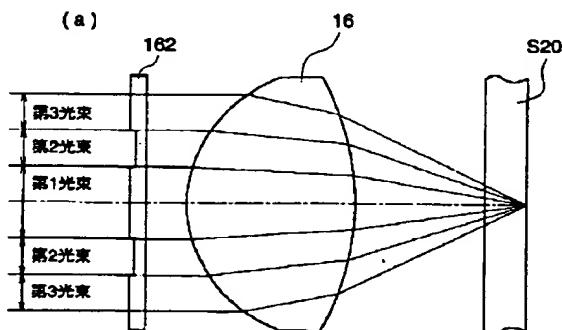
東京都八王子市石川町2970番地コニカ株式会社内

(54) 【発明の名称】 光ピックアップ装置、対物レンズおよび対物レンズの設計方法

(57) 【要約】

【課題】 1つの集光光学系で複数の光ディスクを再生でき、低コストかつ複雑化しないで実現でき、さらに、高NAの光ディスクにも対応できることを目的とする。

【解決手段】 光ピックアップ装置10の対物レンズ16により集光する光束を複数の光束に分け、第2光束の波面の位相を、第1光束および第3光束の波面の位相とずらし、透明基板の厚さが t_1 の第1光ディスク再生の際には第1光束および第3光束を利用し、透明基板の厚さが t_2 ($t_2 \neq t_1$) の第2光ディスクの再生の際には第1光束および第2光束を利用する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの波面の位相がそろっている光束を集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生する光ピックアップ装置において、

厚さ t_1 の透明基板を有する第1光情報記録媒体と、厚さ t_2 （但し、 $t_2 \neq t_1$ ）の透明基板を有する第2光情報記録媒体の2種類の光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生が可能なように、

前記集光光学系の出射側の開口数 NA_L から NA_H のリング状の範囲の領域を通過する光束の波面の位相を他の部分の位相とずらすための位相差調整面を、前記集光光学系を構成する光学素子の少なくとも1面に設け、

前記集光光学系を、開口数 NA_L から NA_H のリング状の範囲の領域を除いて所定の倍率で厚さ t_1 の透明基板を介したとき、波面収差の rms 値が最小となるように構成するとともに、

第2光情報記録媒体の情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生時に、透明基板の厚さ t_1 と t_2 との差により発生する波面収差を開口数 NA_L から NA_H の範囲において減じたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項2】 光源からの波面の位相がそろっている光束を集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生する光ピックアップ装置において、

厚さ t_1 の透明基板を有する第1光情報記録媒体と、厚さ t_2 （但し、 $t_2 \neq t_1$ ）の透明基板を有する第2光情報記録媒体の2種類の光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生が可能なように、

前記集光光学系は、

光軸近傍の第1光束を、第1光情報記録媒体および第2光情報記録媒体の情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生に利用し、

前記第1光束より外側の第3光束を主に第1光情報記録媒体の情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生に利用し、

前記第1光束と前記第3光束との間の第2光束の位相を、前記第1光束および前記第3光束の位相とずらし、主に第2光情報記録媒体の情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生に利用するような機能を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項3】 前記集光光学系は、厚さ t_1 の透明基板を介した際に、第1光束と第3光束による最良波面収差が $0.05\lambda rms$ 以下（但し、 λ は光源の波長）であることを特徴とする請求項2に記載の光ピックアップ装

置。

【請求項4】 光源からの光束を集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生する光ピックアップ装置において、

厚さ t_1 の透明基板を有する第1光情報記録媒体と、厚さ t_2 （但し、 $t_2 \neq t_1$ ）の透明基板を有する第2光情報記録媒体の2種類の光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生が可能なように、

前記集光光学系は、所定の倍率で所定の厚さの透明基板を介した際には、幾何光学的にほぼ球面収差が無収差であるとともに、光軸と直交する方向の一部において光軸近傍の位相に対して位相差が設けられていることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項5】 前記位相をずらす機能を前記集光光学系の対物レンズに設けたことを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【請求項6】 光源からの波面の位相がそろっている光束を集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生する光ピックアップ装置において、

厚さ t_1 の透明基板を有する第1光情報記録媒体と、厚さ t_2 （但し、 $t_2 \neq t_1$ ）の透明基板を有する第2光情報記録媒体の2種類の光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生が可能なように、

前記集光光学系は、

前記対物レンズ単体で見たとき、厚さ t_1 の透明基板を介したときの最良波面収差が $0.05\lambda rms$ 以下である前記対物レンズと、

光スポットとして集光する光束のうち一部の光束の位相を、光軸近傍の光束の位相に対してずらす位相調整素子と、を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項7】 前記集光光学系は、第1光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を NA_1 、第2光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を NA_2 （但し、 $NA_2 < NA_1$ ）とすると、開口数が NA_2 の近傍の光束の位相をずらすことを特徴とする請求項1～6のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【請求項8】 位相をずらす光束のうち光軸に近い光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NA_L 、光軸から離れた光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NA_H とすると、

$t_1 = 0.6\text{ mm}$ 、 $t_2 = 1.2\text{ mm}$ 、 $610\text{ nm} < \lambda$

10

20

30

40

50

(光源の波長) $< 670 \text{ nm}$ 、 $0.32 < \text{NA}2 < 0.41$ のとき、

$$0.85 \times (\text{NA}2) < \text{NAL} < 1.1 \times (\text{NA}2)$$

であることを特徴とする請求項 7 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 9】 位相をずらす光束のうち光軸に近い光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAL 、光軸から離れた光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAH とすると、

$$t1 = 0.6 \text{ mm}, t2 = 1.2 \text{ mm}, 610 \text{ nm} < \lambda$$

(光源の波長) $< 670 \text{ nm}$ 、 $0.32 < (\text{NA}2) < 0.41$ のとき、

$$0.01 < \text{NAL} - \text{NAH} < 0.1$$

であることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 10】 NAL から NAH までの光束の位相と光軸から NAL までの光束の位相との位相のずれである位相差を Δ とすると、

$$\lambda / 8 + \alpha \times \lambda < \Delta < 5 \times \lambda / 8 + \alpha \times \lambda \quad (\text{但し } \alpha \text{ は、整数})$$

であることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 11】 $|\alpha| \leq 30$ であることを特徴とする請求項 10 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 12】 前記光源は、第 1 光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生を行う第 1 光源 (波長 $\lambda 1$) と、第 2 光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生を行う第 2 光源 (波長 $\lambda 2$ 、 $\lambda 2 > \lambda 1$) を有することを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の光ピックアップ装置。

【請求項 13】 第 1 光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を $\text{NA}1$ 、第 2 光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を $\text{NA}2$

(但し、 $\text{NA}2 < \text{NA}1$)、位相をずらす光束のうち光軸に近い光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAL 、光軸から離れた光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAH とすると、

$$t1 = 0.6 \text{ mm}, t2 = 1.2 \text{ mm}, 610 \text{ nm} < \lambda 1 < 670 \text{ nm}, 740 \text{ nm} < \lambda 2 < 870 \text{ nm}, 0.40 < \text{NA}2 < 0.51 \text{ のとき、}$$

$$0.85 \times (\text{NA}2) < \text{NAL} < 1.1 \times (\text{NA}2)$$

であることを特徴とする請求項 12 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 14】 第 1 光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必

要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を $\text{NA}1$ 、第 2 光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を $\text{NA}2$

(但し、 $\text{NA}2 < \text{NA}1$) 位相をずらす光束のうち光軸に近い光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAL 、光軸から離れた光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAH とすると、

$$t1 = 0.6 \text{ mm}, t2 = 1.2 \text{ mm}, 610 \text{ nm} < \lambda$$

$1 < 670 \text{ nm}, 740 \text{ nm} < \lambda 2 < 870 \text{ nm}, 0.40 < \text{NA}2 < 0.51$ のとき、

$$0.01 < \text{NAL} - \text{NAH} < 0.1$$

であることを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 15】 NAL から NAH までの光束の位相と光軸から NAL までの光束の位相との位相のずれである位相差を Δ とすると、

$$3 \times (\lambda 2) / 16 + \alpha \times (\lambda 2) < \Delta < 11 \times (\lambda 2) / 16 + \alpha \times (\lambda 2)$$

但し、 α は整数であることを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 16】 $|\alpha| \leq 40$ であることを特徴とする請求項 15 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 17】 少なくとも一方の面に光軸と同心状に複数に分割された光軸を含む第 1 分割面、前記第 1 分割面より外側の第 3 分割面、および、前記第 1 分割面と前記第 3 分割面とに挟まれた第 2 分割面の複数の分割面を有するとともに、前記第 2 分割面は、光軸を含む第 1 分割面と前記第 3 分割面とを内挿した面を、光軸方向にシフトさせた面であることを特徴とする対物レンズ。

【請求項 18】 前記第 1 分割面と前記第 3 分割面と前記内挿した面とを通過する光束は、所定の倍率で所定の厚さの透明基板を介したときの最良波面収差が $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下となることを特徴とする請求項 17 に記載の対物レンズ。

【請求項 19】 少なくとも一方の面を、光軸を含む第 1 分割面と、前記第 1 分割面より外側の第 2 分割面と、第 2 分割面より外側の第 3 分割面とで構成し、

前記第 2 分割面を光軸方向にシフトさせると、第 1 分割面、第 2 分割面、および第 3 分割面がなめらかな面となることを特徴とする対物レンズ。

【請求項 20】 前記第 2 分割面をシフトさせたときに、所定の倍率で所定の厚さの透明基板を介した最良波面収差が $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下となることを特徴とする請求項 19 に記載の対物レンズ。

【請求項 21】 前記第 1 分割面および第 3 分割面を通過する光束は、所定の倍率で所定の厚さの透明基板を介したときに、最良波面収差が $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下となることを特徴とする請求項 17 ~ 20 のいずれか 1 つに

記載の対物レンズ。

【請求項22】 波長 λ の光源から出射した光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に、集光させる対物レンズにおいて、

前記対物レンズの少なくとも一方の屈折面に、

$$(\lambda/8 + a \times \lambda) / (n \times \cos \theta' - 1) \text{ 以上、}$$

$$(5 \times \lambda/8 + a \times \lambda) / (n \times \cos \theta' - 1) \text{ 以下の段差を第2分割面として光軸と同心状に設けたことを}$$

特徴とする対物レンズ。但し、 λ は使用される光源の波長、 a は整数、 n は対物レンズの屈折率、 θ' は第2分割面で屈折後の光線が光軸と交わる角度。

【請求項23】 前記対物レンズは、厚さ t_1 の透明基板を有する第1光情報記録媒体と、厚さ t_2 （但し、 $t_2 \neq t_1$ ）の透明基板を有する第2光情報記録媒体の2種類の光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生を行うことが可能であり、第1光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を NA_1 、第2光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を NA_2 （但し、 $NA_2 < NA_1$ ）とすると、

前記第2分割面は前記開口数が NA_2 の近傍に設けることを特徴とする請求項17～22のいずれか1つに記載の対物レンズ。

【請求項24】 前記第2分割面を通過する光束のうち光軸に近い光束が通過する光情報記録媒体側の開口数を NA_L 、光軸から離れた光線が通過する光情報記録媒体側の開口数を NA_H とすると、

$$t_1 = 0.6 \text{ mm}, t_2 = 1.2 \text{ mm}, 610 \text{ nm} < \lambda \text{ (光源の波長)} < 670 \text{ nm}, 0.32 < NA_2 < 0.41 \text{ のとき、}$$

$$0.85 (NA_2) < NA_L < 1.1 (NA_2)$$

であることを特徴とする請求項23に記載の対物レンズ。

【請求項25】 前記第2分割面を通過する光束のうち光軸に近い光束が通過する光情報記録媒体側の開口数を NA_L 、光軸から離れた光線が通過する光情報記録媒体側の開口数を NA_H とすると、

$$t_1 = 0.6 \text{ mm}, t_2 = 1.2 \text{ mm}, 610 \text{ nm} < \lambda \text{ (光源の波長)} < 670 \text{ nm}, 0.32 < NA_2 < 0.41 \text{ のとき、}$$

$$0.01 < NA_L - NA_H < 0.1$$

であることを特徴とする請求項23または24に記載の対物レンズ。

【請求項26】 第2分割面を通過する光束の位相と第1分割面および第3分割面を通過する光束の位相との位相のずれである位相差を Δ とすると、

$$\lambda/8 + a \times \lambda < \Delta < 5 \lambda/8 + a \times \lambda \quad (\text{但し } a \text{ は、整}$$

数)

であることを特徴とする請求項24または25に記載の対物レンズ。

【請求項27】 波長 λ の光源から出射した光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に、集光させる対物レンズにおいて、

前記対物レンズの少なくとも一方の屈折面に、

$$(\lambda/8 + a \times \lambda) / (n \times \cos \theta' - 1) \text{ 以上、}$$

$$(5 \times \lambda/8 + a \times \lambda) / (n \times \cos \theta' - 1) \text{ 以下の段差を第2分割面として光軸と同心状に設けたことを}$$

特徴とする対物レンズ。但し、 λ は使用される光源の波長、 a は整数、 n は対物レンズの屈折率、 θ' は第2分割面で屈折後の光線が光軸と交わる角度。

【請求項28】 $|a| \leq 30$ であることを特徴とする請求項26または27に記載の対物レンズ。

【請求項29】 光情報記録媒体に、波長 λ の光源から出射した光束を集光させる対物レンズの設計方法において、

所定の倍率で所定の厚さの透明基板の光情報記録媒体に集光させた光束の最良波面収差が $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下となるように非球面を設計し、

前記非球面を光軸方向にシフトさせた面を設計し、

前記非球面とシフトさせた面とを合成することにより、

前記対物レンズの少なくとも1つの屈折面を設計することを特徴とする対物レンズの設計方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光源からの波面の位相がそろっている光束を集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生する光ピックアップ装置、これに用いられる対物レンズ、および対物レンズの設計方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、短波長赤色半導体レーザ実用化に伴い、従来の光情報記録媒体（光ディスクともいう）であるCD（コンパクトディスク）と同程度の大きさで大容量化させた高密度の光情報記録媒体であるDVD（デジタルビデオディスク）の開発が進んできている。このDVDでは、 635 nm もしくは 650 nm の短波長半導体レーザを使用したときの対物レンズの光ディスク側の開口数 NA を 0.6 としている。なお、DVDは、トラックピッチ $0.74 \mu\text{m}$ 、最短ビット長 $0.4 \mu\text{m}$ であり、CDのトラックピッチ $1.6 \mu\text{m}$ 、最短ビット長 $0.83 \mu\text{m}$ に対して半分以下に高密度化されている。また、上述したCD、DVDの他に、種々の規格の光ディスク、例えばLD（レーザディスク）、MD（ミニディスク）、MO（光磁気ディスク）なども商品化されて普及している。表1に種々の光ディスクの透明基板の厚さと、必要開口数を示す。

【0003】

* * 【表1】

光ディスク	透明基板厚(mm)	必要開口数NA (光源波長λnm)
C D	1.20	0.45(λ=780)
L D	1.25	0.50(λ=780)
M D	1.20	0.45(λ=780)
MO(ISO 3.5インチ 230MB)	1.20	0.55(λ=780)
MO(ISO 3.5インチ 640MB)	1.20	0.55(λ=680)
D V D	0.60	0.60(λ=635)

【0004】このように、市場にはサイズ、基板厚、記録密度、使用波長などが種々異なる様々な光ディスクが存在する時代となっており、様々な光ディスクに対応できる光ピックアップ装置が提案されている。

【0005】その1つとして、異なる光ディスクそれぞれに対応した集光光学系を備え、再生する光ディスクにより集光光学系を切り替える光ピックアップ装置が提案されている。しかしながら、この光ピックアップ装置では、集光光学系が複数必要となりコスト高を招くばかりでなく、集光光学系を切り替えるための駆動機構が必要となり装置が複雑化し、その切り替え精度も要求され、好ましくない。

【0006】そこで、1つの集光光学系を用いて、複数の光ディスクを再生する光ピックアップ装置が種々提案されている。

【0007】その1つとして、特開平7-302437号公報には、対物レンズの屈折面をリング状の複数領域に分割し、各々の分割面が厚さの異なる光ディスクのうち1つにビームを結像させることにより再生する光ピックアップ装置が記載されている。

【0008】他に、特開平7-57271号公報には、透明基板の厚さ t_1 の第1光ディスクのときには、集光されるビームの有する波面収差が 0.07λ 以下となるように設計した対物レンズを用い、透明基板の厚さ t_2 の第2光ディスクのときには少しデフォーカスした状態で集光スポットを形成する光ピックアップ装置が記載されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平7-302437号公報に記載された光ピックアップ装置においては、1つの対物レンズで同時に2つの焦点に入射光量を分割するため、レーザ出力を大きくする必要があり、コスト高を招く。また、特開平7-57271号公報に記載されたピックアップ装置では、第2光ディスク再生時にはサイドローブによるジッターの増加が起こる。特に、第1の光ディスクで波面収差が 0.07λ

以下とした対物レンズで、第2の光ディスクを無理矢理再生しているために、第2の光ディスクの再生可能な開口数には限界がある。

【0010】そこで、本発明は、1つの集光光学系で複数の光情報記録媒体を再生でき、低コストかつ複雑化しないで実現でき、さらに、高NAの光情報記録媒体にも対応できることを目的とする。

【0011】また、本出願人が特願平8-156831号や特願平8-180586号において球面収差を調整した光ピックアップ装置を提案しているが、本発明は、本出願人が鋭意検討した結果、光ピックアップ装置の集光光学系としては球面収差にとらわれることなく、集光されるスポット形状、波面収差を改善すればよいとの知見に基づいたものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的は、以下の構成により解決できる。

【0013】(1) 光源からの波面の位相がそろっている光束を集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生する光ピックアップ装置において、厚さ t_1 の透明基板を有する第1光情報記録媒体と、厚さ t_2 (但し、 $t_2 \neq t_1$) の透明基板を有する第2光情報記録媒体の2種類の光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生が可能なように、前記集光光学系の出射側の開口数 NA_L から NA_H のリング状の範囲の領域を通過する光束の波面の位相を他の部分の位相とずらすための位相差調整面を、前記集光光学系を構成する光学素子の少なくとも1面に設け、前記集光光学系を、開口数 NA_L から NA_H のリング状の範囲の領域を除いて所定の倍率で厚さ t_1 の透明基板を介したとき、波面収差の rms 値が最小となるように構成するとともに、第2光情報記録媒体の情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生時に、透明基板の厚さ t_1 と t_2 との差により発生する波面収差を開口数 NA_L から NA_H の範囲に

において減じたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【0014】(2) 光源からの波面の位相がそろっている光束を集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生する光ピックアップ装置において、厚さ t_1 の透明基板を有する第1光情報記録媒体と、厚さ t_2 (但し、 $t_2 \neq t_1$) の透明基板を有する第2光情報記録媒体の2種類の光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生が可能のように、前記集光光学系は、光軸近傍の第1光束を、第1光情報記録媒体および第2光情報記録媒体の情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生に利用し、前記第1光束より外側の第3光束を主に第1光情報記録媒体の情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生に利用し、前記第1光束と前記第3光束との間の第2光束の位相を、前記第1光束および前記第3光束の位相とずらし、主に第2光情報記録媒体の情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生に利用するような機能を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【0015】(3) 前記集光光学系は、厚さ t_1 の透明基板を介した際に、第1光束と第3光束による最良波面収差が $0.05 \lambda_{rms}$ 以下 (但し、 λ は光源の波長) であることを特徴とする (2) に記載の光ピックアップ装置。

【0016】(4) 光源からの光束を集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生する光ピックアップ装置において、厚さ t_1 の透明基板を有する第1光情報記録媒体と、厚さ t_2 (但し、 $t_2 \neq t_1$) の透明基板を有する第2光情報記録媒体の2種類の光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生が可能のように、前記集光光学系は、所定の倍率で所定の厚さの透明基板を介した際には、幾何光学的にはほぼ球面収差が無収差であるとともに、光軸と直交する方向の一部において光軸近傍の位相に対して位相差が設けられていることを特徴とする光ピックアップ装置。

【0017】(5) 前記位相をずらす機能を前記集光光学系の対物レンズに設けたことを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【0018】(6) 光源からの波面の位相がそろっている光束を集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生する光ピックアップ装置において、厚さ t_1 の透明基板を有する第1光情報記録媒体と、厚さ t_2 (但し、 $t_2 \neq t_1$) の透明基板を有する第2光情報記録媒体の2種類の光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生が可能のように、前記集光光学系は、前記対物レン

ズ単体で見たとき、厚さ t_1 の透明基板を介したときの最良波面収差が $0.05 \lambda_{rms}$ 以下である前記対物レンズと、光スポットとして集光する光束のうち一部の光束の位相を、光軸近傍の光束の位相に対してずらす位相調整素子と、を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【0019】(7) 前記集光光学系は、第1光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を NA_1 、第2光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を NA_2 (但し、 $NA_2 < NA_1$) とすると、開口数が NA_2 の近傍の光束の位相をずらすことを特徴とする (1)～(6) のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【0020】(8) 位相をずらす光束のうち光軸に近い光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAL 、光軸から離れた光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAH とすると、 $t_1 = 0.6 \text{ mm}$ 、 $t_2 = 1.2 \text{ mm}$ 、 $610 \text{ nm} < \lambda$ (光源の波長) $< 670 \text{ nm}$ 、 $0.32 < NA_2 < 0.41$ のとき、 $0.85 \times (NA_2) < NAL < 1.1 \times (NA_2)$ であることを特徴とする (7) に記載の光ピックアップ装置。

【0021】(9) 位相をずらす光束のうち光軸に近い光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAL 、光軸から離れた光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAH とすると、 $t_1 = 0.6 \text{ mm}$ 、 $t_2 = 1.2 \text{ mm}$ 、 $610 \text{ nm} < \lambda$ (光源の波長) $< 670 \text{ nm}$ 、 $0.32 < (NA_2) < 0.41$ のとき、 $0.01 < NAL - NAH < 0.1$ であることを特徴とする (7) または (8) に記載の光ピックアップ装置。

【0022】(10) NAL から NAH までの光束の位相と光軸から NAL までの光束の位相との位相のずれである位相差を Δ とすると、 $\lambda/8 + \alpha \times \lambda < \Delta < 5 \times \lambda/8 + \alpha \times \lambda$ (但し α は、整数) であることを特徴とする (8) または (9) に記載の光ピックアップ装置。

【0023】(11) $|\alpha| \leq 30$ であることを特徴とする (10) に記載の光ピックアップ装置。

【0024】(12) 前記光源は、第1光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生を行う第1光源 (波長 λ_1) と、第2光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生を行う第2光源 (波長 λ_2 、 $\lambda_2 > \lambda_1$) を有することを特徴とする (1)～(7) のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【0025】(13) 第1光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するため

に必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を $NA1$ 、第2光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を $NA2$ （但し、 $NA2 < NA1$ ）、位相をずらす光束のうち光軸に近い光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAL 、光軸から離れた光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAH とすると、 $t1 = 0.6 \text{ mm}$ 、 $t2 = 1.2 \text{ mm}$ 、 $610 \text{ nm} < \lambda 1 < 670 \text{ nm}$ 、 $740 \text{ nm} < \lambda 2 < 870 \text{ nm}$ 、 $0.40 < NA2 < 0.51$ のとき、 $0.85 \times (NA2) < NAL < 1.1 \times (NA2)$ であることを特徴とする（12）に記載の光ピックアップ装置。

【0026】（14）第1光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を $NA1$ 、第2光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を $NA2$ （但し、 $NA2 < NA1$ ）位相をずらす光束のうち光軸に近い光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAL 、光軸から離れた光線が通過する前記集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NAH とすると、 $t1 = 0.6 \text{ mm}$ 、 $t2 = 1.2 \text{ mm}$ 、 $610 \text{ nm} < \lambda 1 < 670 \text{ nm}$ 、 $740 \text{ nm} < \lambda 2 < 870 \text{ nm}$ 、 $0.40 < NA2 < 0.51$ のとき、 $0.01 < NAL - NAH < 0.1$ であることを特徴とする（12）または（13）に記載の光ピックアップ装置。

【0027】（15） NAL から NAH までの光束の位相と光軸から NAL までの光束の位相との位相のずれである位相差を Δ とすると、 $3 \times (\lambda 2) / 16 + \alpha \times (\lambda 2) < \Delta < 11 \times (\lambda 2) / 16 + \alpha \times (\lambda 2)$ 但し、 α は整数、であることを特徴とする（13）または（14）に記載の光ピックアップ装置。

【0028】（16） $|\alpha| \leq 40$ であることを特徴とする（15）に記載の光ピックアップ装置。

【0029】（17）少なくとも一方の面に光軸と同心状に複数に分割された光軸を含む第1分割面、前記第1分割面より外側の第3分割面、および、前記第1分割面と前記第3分割面とに挟まれた第2分割面の複数の分割面を有するとともに、前記第2分割面は、光軸を含む第1分割面と前記第3分割面とを内挿した面を、光軸方向にシフトさせた面であることを特徴とする対物レンズ。

【0030】（18）前記第1分割面と前記第3分割面と前記内挿した面とを通過する光束は、所定の倍率で所定の厚さの透明基板を介したときの最良波面収差が $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下となることを特徴とする（17）に記載の対物レンズ。

【0031】（19）少なくとも一方の面を、光軸を含む第1分割面と、前記第1分割面より外側の第2分割面

と、第2分割面より外側の第3分割面とで構成し、前記第2分割面を光軸方向にシフトさせると、第1分割面、第2分割面、および第3分割面がなめらかな面となることを特徴とする対物レンズ。

【0032】（20）前記第2分割面をシフトさせたときに、所定の倍率で所定の厚さの透明基板を介した最良波面収差が $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下となることを特徴とする（19）に記載の対物レンズ。

【0033】（21）前記第1分割面および第3分割面を通過する光束は、所定の倍率で所定の厚さの透明基板を介したときに、最良波面収差が $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下となることを特徴とする（17）～（20）のいずれか1つに記載の対物レンズ。

【0034】（22）波長 λ の光源から出射した光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に、集光させる対物レンズにおいて、前記対物レンズの少なくとも一方の屈折面に、 $(\lambda / 8 + \alpha \times \lambda) / (n \times \cos \theta' - 1)$ 以上、 $(5 \times \lambda / 8 + \alpha \times \lambda) / (n \times \cos \theta' - 1)$ 以下の段差を第2分割面として光軸と同心状に設けたことを特徴とする対物レンズ。但し、 λ は使用される光源の波長、 α は整数、 n は対物レンズの屈折率、 θ' は第2分割面で屈折後の光線が光軸と交わる角度。

【0035】（23）前記対物レンズは、厚さ $t1$ の透明基板を有する第1光情報記録媒体と、厚さ $t2$ （但し、 $t2 \neq t1$ ）の透明基板を有する第2光情報記録媒体の2種類の光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録または情報記録面上の情報を再生を行うことが可能であり、第1光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を $NA1$ 、第2光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な前記集光光学系の光情報記録媒体側の必要開口数を $NA2$ （但し、 $NA2 < NA1$ ）とすると、前記第2分割面は前記開口数が $NA2$ の近傍に設けることを特徴とする（17）～（22）のいずれか1つに記載の対物レンズ。

【0036】（24）前記第2分割面を通過する光束のうち光軸に近い光束が通過する光情報記録媒体側の開口数を NAL 、光軸から離れた光線が通過する光情報記録媒体側の開口数を NAH とすると、 $t1 = 0.6 \text{ mm}$ 、 $t2 = 1.2 \text{ mm}$ 、 $610 \text{ nm} < \lambda$ （光源の波長） $< 670 \text{ nm}$ 、 $0.32 < NA2 < 0.41$ のとき、 $0.85 (NA2) < NAL < 1.1 (NA2)$ であることを特徴とする（23）に記載の対物レンズ。

【0037】（25）前記第2分割面を通過する光束のうち光軸に近い光束が通過する光情報記録媒体側の開口数を NAL 、光軸から離れた光線が通過する光情報記録媒体側の開口数を NAH とすると、 $t1 = 0.6 \text{ mm}$ 、 $t2 = 1.2 \text{ mm}$ 、 $610 \text{ nm} < \lambda$ （光源の波長） < 6

70 nm、 $0.32 < NA2 < 0.41$ のとき、 $0.01 < NA L - NA H < 0.1$ であることを特徴とする(23)または(24)に記載の対物レンズ。

【0038】(26)第2分割面を通過する光束の位相と第1分割面および第3分割面を通過する光束の位相との位相のずれである位相差を Δ とすると、 $\lambda/8 + \alpha\lambda < \Delta < 5\lambda/8 + \alpha\lambda$ (但し α は、整数)であることを特徴とする(24)または(25)に記載の対物レンズ。

【0039】(27)波長 λ の光源から出射した光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に、集光させる対物レンズにおいて、前記対物レンズの少なくとも一方の屈折面に、 $(\lambda/8 + \alpha \times \lambda) / (n \times \cos \theta' - 1)$ 以上、 $(5 \times \lambda/8 + \alpha \times \lambda) / (n \times \cos \theta' - 1)$ 以下の段差を第2分割面として光軸と同心状に設けたことを特徴とする対物レンズ。但し、 λ は使用される光源の波長、 α は整数、 n は対物レンズの屈折率、 θ' は第2分割面で屈折後の光線が光軸と交わる角度。

【0040】(28) $|\alpha| \leq 30$ であることを特徴とする(26)または(27)に記載の対物レンズ。

【0041】(29)光情報記録媒体に、波長 λ の光源から出射した光束を集光させる対物レンズの設計方法において、所定の倍率で所定の厚さの透明基板の光情報記録媒体に集光させた光束の最良波面収差が 0.05λ rms以下となるように非球面を設計し、前記非球面を光軸方向にシフトさせた面を設計し、前記非球面とシフトさせた面とを合成することにより、前記対物レンズの少なくとも1つの屈折面を設計することを特徴とする対物レンズの設計方法。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明を説明する。なお、同一の構成要素を用いる場合には同じ番号を付している。

【0043】(第1の実施の形態)まず、第1の実施の形態を説明するに先立ち、光ピックアップ装置について説明する。図1は光ピックアップ装置の概略構成図である。

【0044】光ピックアップ装置10は、光源である半導体レーザ11(波長 $\lambda = 610 \sim 670$ nm)、偏光ビームスプリッタ12、コリメータレンズ13、1/4波長板14、絞り17、対物レンズ161、位相調整素子162、非点収差を発生する非点収差素子であるシリンドリカルレンズ18、光検出器30、フォーカス制御およびトラッキング制御のための2次元アクチュエータ15などからなる。

【0045】光源である半導体レーザ11は、波面の位相がそろった光束を出射する。半導体レーザ11から出射した光束は、偏光ビームスプリッタ12、コリメータレンズ13、1/4波長板14を透過して円偏光の平行

光束となる。この光束は、絞り17によって絞られ、位相調整素子162により位相差を生じさせ、対物レンズ161により光ディスク20の透明基板21を介して情報記録面22上に集光される。この集光については後段において詳述する。そして、情報記録面22で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ161、位相調整素子162、1/4波長板14、コリメータレンズ13を透過して偏光ビームスプリッタ12に入射し、ここで反射してシリンドリカルレンズ18により非点収差が与えられ光検出器30上へ入射し、光検出器30から出力される信号を用いて光ディスク20に記録された情報の読みとり信号が得られる。また、光検出器30上でのスポットの形状変化による光量分布変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行う。すなわち、光検出器30からの出力を用いて、ここでは図示しない演算処理回路によってフォーカスエラー信号およびトラッキングエラー信号が生成される。このフォーカスエラー信号に基づいて2次元アクチュエータ(フォーカス制御用)15が半導体レーザ11からの光を光ディスク20の情報記録面22上に結像するように対物レンズ161を移動させ、トラッキングエラー信号に基づいて2次元アクチュエータ(トラッキング制御用)15が半導体レーザ11からの光を所定のトラックに結像するように対物レンズ161を移動させる。

【0046】このような光ピックアップ装置10において、透明基板の厚さが $t1$ の第1光ディスク、例えばDVD($t1 = 0.6$ mm)に記録された情報を再生する際には、ビームスポットが最小錯乱円を形成するよう(ベストフォーカス)に対物レンズ161を、2次元アクチュエータ15を駆動する。この対物レンズ161を用いて、透明基板の厚さが $t1$ と異なる $t2$ (好ましくは $t2 > t1$)の第2光ディスク、例えばCD($t2 = 1.2$ mm)を再生する際には、透明基板の厚さが異なり、大きくなることで球面収差が発生し、ビームスポットが最小錯乱円となる位置(近軸焦点位置より後方の位置)では、スポットサイズが大きく第2光ディスクのビット(情報)を読むことはできない。しかしながら、この最小錯乱円となる位置より対物レンズ161に近い前側位置(前ピン)では、スポット全体の大きさは最小錯乱円よりも大きい、中央部に光量が集中した核と核の周囲に不要光であるフレアとが形成される。この核を第2光ディスクのビット(情報)を再生する(読む)ために利用し、第2光ディスク再生時には、対物レンズ16をデフォーカス(前ピン)状態になるように2次元アクチュエータ15を駆動する。

【0047】透明基板の厚さが異なる第1光ディスクと第2光ディスクを1つの集光光学系で再生するために、上述した光ピックアップ装置10の集光光学系に位相調整素子162を設けた第1の実施の形態について説明する。図2は対物レンズ161単体でみたときの球面収差

図および波面収差図であり、図2(a)は対物レンズ161単体で第1光ディスクの透明基板を介したときの球面収差図であり、図2(b)はそのときの波面収差図であり、図2(c)は対物レンズ161単体で第2光ディスクの透明基板を介したときの球面収差図であり、図2(d)はそのときの波面収差図である。なお、本実施の形態では、第1光ディスクの透明基板の厚さ t_1 は、第2光ディスクの透明基板の厚さ t_2 より薄く、第1光ディスクの方が第2光ディスクよりも高密度の光情報が記録されている。なお、第1光ディスクの情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な集光光学系の光ディスク側(本実施の形態においては対物レンズ161の光ディスク側)の必要開口数を NA_1 、第2光ディスクの情報記録面への情報の記録または情報記録面の情報を再生するために必要な集光光学系の光ディスク側の必要開口数を NA_2 (但し、 $NA_2 < NA_1$)である。

【0048】まず、対物レンズ161は、対物レンズ161単体でみると、所定の倍率(本実施の形態では倍率 $m=0$)で所定の厚さ t_1 の透明基板を介したとき、ほぼ球面収差が無収差であり(図2(a)参照)、最良波面収差が $0.05\lambda_{rms}$ (但し、 λ は光源の波長)以下(図2(b)参照)のレンズである。この対物レンズ161単体で、すなわち、位相調整素子162を設けずに厚さ t_2 ($t_2 > t_1$)の透明基板を介して集光させると、その球面収差は大きく発生し(図2(c)参照)、また、波面収差においても大きく発生する(図2(d))。このため、透明基板の厚さが t_2 の第2光ディスクには集光されきず、第2光ディスクの情報の再生を行うことが難しくなる。

【0049】このため、本出願人は、特願平8-156831号や特願平8-180586号において球面収差を調整した光ピックアップ装置を提案した。しかしながら、本出願人が鋭意検討した結果、光ピックアップ装置の集光光学系としては球面収差にとらわれることなく、集光されるスポット形状、波面収差を改善すればよいことがわかった。この球面収差にとらわれずにスポット形状、波面収差を改善するには、光束の波面の位相をずらすことによって達成する。すなわち、本実施の形態では、光源から出射された光束を3つの光束に分け、光軸近傍の第1光束を、第1光ディスクおよび第2光ディスクの情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生に利用し、第1光束より外側の第3光束を主に第1光ディスクの情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生に利用し、第1光束と前記第3光束との間の第2光束の位相を、第1光束および第3光束の位相とずらし、主に第2光ディスクの情報記録面上への情報の記録または情報記録面上の情報の再生に利用する。

【0050】ここで、「主に」という文言の意味は、第

2分割面 Sd_2 を通過する光束の場合、第3分割面 Sd_3 を通過する光束を遮光しない状態においてビームスポットの中心強度が最大となる位置での核部分のエネルギーに対して、第3分割面 Sd_3 を通過する光束を遮光した状態においてビームスポットの中心強度が最大となる位置での核部分のエネルギー比率(「遮光状態核エネルギー」/「遮光しない核エネルギー」)が、60%~100%の範囲に入ることを指している。また、第3分割面 Sd_3 を通過する光束の場合も同様に、第2分割面 Sd_2 を遮光しない状態に対する遮光した状態の核部分のエネルギー比率(「遮光状態核エネルギー」/「遮光しない核エネルギー」)が、60%~100%の範囲に入ることを指している。なお、このエネルギー比率を簡易的に測定するには、各々の場合において、ビームスポットの中心強度が最大となる位置でのピーク強度 I_p と、ビーム径 D_p (中心強度に対して強度が e^{-2} となる位置で定める)を測定し、核部分のビームの形状はほぼ一定であることから、 $I_p \times D_p$ を求め、これを比較すればよい。

20 【0051】この具体的な説明を図3および図4に基づいて行う。図3は、対物レンズ161および位相調整素子162を模式的に示した断面図(a)および位相調整素子162を光源側から見た正面図(b)である。なお、一点鎖線は光軸を示している。図4は、対物レンズ161と位相調整素子162で光ディスクの透明基板を介したときの波面収差図である。

【0052】本実施の形態では、第2光束の位相を、第1光束および第3光束の位相とずらすために、位相調整素子162を光路中に挿入する。すなわち、位相調整素子162を対物レンズ161の光源11側に配置している。位相調整素子162は、アクリルなど透光性の平板形状をしている。位相調整素子162の光源側の面である位相差調整面には、第2光束に相当する位置(好ましくは、 NA_2 近傍)に凹部を有している。この凹部は、光軸と同心状であり、リング状に設けられている。この凹部を有することにより、位相調整素子162は、第2光束の位相を第1光束および第3光束の位相とずらすことが可能となる。本実施の形態では、凹部をもうけているので、位相調整素子162に入射した波面の位相がそ

40 ろった半導体レーザー11からの光束は、第2光束の波面の位相が、第1光束および第3光束より進む。そして対物レンズ161によって、光ディスクに集光される。

【0053】このときの波面収差を図4に示す。図4(a)は対物レンズ161と位相調整素子162で第1光ディスクの透明基板を介したときの波面収差図であり、図4(b)は第2光ディスクの透明基板を介したときの波面収差図である。なお、位相をずらす光束のうち光軸に近い光線が通過する集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NA_L 、光軸から離れた光線が通過する集光光学系の光情報記録媒体側の開口数を NA_H とする。

【0054】このように、第2光束の位相をずらすことにより、第1光ディスクの再生時には、位相調整素子162を設けない場合(図2(b))より、若干、波面収差が発生する(図4(a))が、第1光ディスクの再生には大きな影響はない。また、第2光ディスクの再生時には、位相調整素子162を設けない場合(図2

(d))に比べ、本実施の形態ではNA2近傍であるNALからNAHの範囲で波面収差を減じることができ、十分に第2光ディスクを再生することができる。すなわち、第2光ディスク再生時には、NA2近傍(NAL~NAH)の光束に適度な位相差を付与することで、球面収差があっても(幾何光学的にみれば、位相をずらしたとしても位相調整素子162が平行平板であるので、球面収差は変化せず、図2(c)のようになる)波面収差の発生を減じることができる。また、第2光ディスク再生時である図4(b)からわかるように、開口数NAHより大きいところでは急激に波面収差が増加するため、これが絞り効果を有することとなり、絞り17の開口数を変えなくても第2光ディスクを再生することが可能となる。すなわち、本実施の形態においては、絞り17の開口数を変更する特別な手段を必要とせずに複数の光ディスクを1つの集光光学系で再生することができる。

【0055】さらに、本実施の形態を、 $t_1=0.6\text{ mm}$ 、 $t_2=1.2\text{ mm}$ 、 $610\text{ nm}<\lambda$ (光源の波長) $<670\text{ nm}$ 、 $0.32<NA2<0.41$ としたとき、第1光ディスクと第2光ディスクとを1つの集光光学系で再生するには、 $0.85\times(NA2)<NAL<1.1\times(NA2)$ の条件を満たすことが好ましい。

【0056】この下限を越すとサイドローブが大きくなり情報の正確な再生ができず、上限を越すと波長 λ とNA2において想定される回折限界スポット径以上に絞られすぎる。

【0057】また、 $0.01<NAH-NA2<0.1$ の条件を満たすことが好ましい。この下限を越すと第2光ディスクの再生時のスポット形状が悪化し、サイドローブ・スポット径が大きくなり、上限を越すと第1光ディスクの再生時のスポット形状が乱れ、光量低下を引き起こす。

【0058】さらに、NALからNAHまでの第2光束の位相と光軸からNALまでの第1光束の位相とのずれである位相差を Δ とすると、 $\lambda/8+a\times\lambda<\Delta<5\times\lambda/8+a\times\lambda$ (但し a は、整数)の位相差の条件を満たすことが好ましい。上限および下限を越すと、第2光ディスク再生時のスポット径が小さくなりすぎ、しかも、サイドローブ比(サイドローブ強度/ビームスポットの中心強度)が大きくなる。

【0059】また、屈折率 n の平行平板である位相調整素子162に、光軸方向の長さを E の段差部(本実施の形態では凹部)を設けたときの位相差 Δ は、

$$\Delta=(n-1)E$$

で表される。但し、長さ E は、位相調整素子162の厚さが薄くなる場合を負、厚くなる場合を正とし、また、位相差 Δ は、位相がすすむことを負、位相が遅れることを正とする。

【0060】従って、位相調整素子162の段差(光軸方向の長さ)として、 $(\lambda/8+a\times\lambda)/(n\times\cos\theta'-1)$ 以上、 $(5\times\lambda/8+a\times\lambda)/(n\times\cos\theta'-1)$ 以下の段差の条件を満たすことが好ましい。この範囲をはずれると、第2光ディスク再生時のスポット径が小さくなりすぎ、しかも、サイドローブ比が大きくなる。

【0061】上述した位相差の条件および段差の条件において、上限および下限で「 $a\times\lambda$ 」が加えられているのは、位相を「 $a\times\lambda$ 」分ずらしたとしても、波面収差図でみると「 $a\times\lambda$ 」に相当する波面収差が発生するが、「 $a\times\lambda$ 」に相当する波面収差がない場合と等価として考えることができるために、スポット形状(点像振幅分布)が変化しない。

【0062】さらに、上述した位相差の条件および段差の条件において $|a|\leq 30$ を満たすことが好ましい。この $|a|$ の上限を越えると、半導体レーザの波長のバラツキ・波長変動($\pm 5\text{ nm}$ 程)により、スポット形状を安定させることが難しい。

【0063】以上の説明においては、光ディスクの再生について説明したが、これに限られず、光ディスクの情報記録面への情報の記録にも本実施の形態を適用できる。

【0064】また、位相調整素子162として光源側の面に凹部を設けたが、凸部を設けてもよく、光ディスク側の面に設けてもよいことは言うまでもない。さらに、本実施の形態では、位相差を与えるために、位相調整素子162として平行平板に凹部を設けたが、これに限られず、NAL~NAHに相当する位置の屈折率が異なる平行平板を用いてもよく、また、平行平板に基材(平行平板)の屈折率(n)とは異なる屈折率(n')の材料をコーティング等によりつけてもよい(この場合の位相差は、 $\Delta=(n'-1)E$ となる)。この場合、上述した位相差の条件および段差の条件の n は n' に置き換える。

【0065】また、本実施の形態では、コリメータレンズ13を用いた、いわゆる無限系の対物レンズ161を用いたが、コリメータレンズ13がなく光源からの発散光が直接または発散光の発散度を減じるレンズを介した発散光が、入射するような対物レンズや、光源からの光束を収れん光に変更するカップリングレンズを用い、その収れん光が入射するような対物レンズに適用してもよい。

【0066】また、本実施の形態では、位相調整素子162の凹部の境界に段差を設けたが、例えば所定の曲率半径の面で接続させてもよい。また、本実施の形態で、

10

20

30

40

50

は、位相調整素子162にリング状の凹部を1つ設けることにより、光束を第1光束～第3光束に分けたが、これに限られず、少なくとも3つ以上の分割面で構成すればよい。

【0067】また、本実施の形態では、1つの光源を用いて複数の光ディスクの再生を行うようにしたが、再生する光ディスク毎に複数の光源を用いてもよい。この場合、位相差の条件は、 $3 \times (\lambda 2) / 16 + a \times (\lambda 2) < \Delta < 11 \times (\lambda 2) / 16 + a \times (\lambda 2)$ となり段差の条件は、 $(3 \times (\lambda 2) / 16 + a \times (\lambda 2)) / (n-1)$ 以上、 $(11 \times (\lambda 2) / 16 + a \times (\lambda 2)) / (n-1)$ となり(但し $\lambda 2$ は、第2光ディスクを再生する光源の波長)、また、 $|a| \leq 40$ を満足することが好ましい。

【0068】また、本実施の形態では、光源側から位相調整素子162を見たときに、凹部を光軸と同心円状のリング状で設けたが、これに限られず、途切れたリング状で設けてもよい。また、本実施の形態は回転対称の位相調整素子162として効果を説明したが、光ピックアップ装置に用いられる集光光学系に用いられる光源は必ずしも回転対称でなく、半導体レーザは回転非対称の発光特性をもち、また、光情報記録媒体がDVDやCDなどの光ディスクの場合、情報はビットとして記録されており、ビットに平行な方向と直交する方向とは非対称である。特にビットに平行な方向に関してサイドローブが大きくなるとジッターが悪化する。従って、ジッター方向に本実施の形態のような位相の制御を行うことで目的は達成可能となる。また、光源として非点収差のある半導体レーザを用いる場合、それを打ち消すために、光学面を回転非対称にする公知の技術と組み合わせてもよい。

【0069】また、本実施の形態では位相調整素子162の凹部はパワーを有していないが、パワーをもたせるようにしてもよい。

【0070】(第2の実施の形態)次に、第2の実施の形態について説明する。第1の実施の形態においては位相調整素子162を設けることにより第2光束の位相をずらしたが、第2の実施の形態では対物レンズ16にその機能を持たせたものである。なお、特に断らない限り第2の実施の形態は第1の実施の形態と同じ符号を用いている。

【0071】図5は、第2の実施の形態の光ピックアップ装置の概略構成図である。なお、第2の実施の形態は、第1の実施の形態の光ピックアップ装置の位相調整素子162の機能を対物レンズ16に持たせたものであるので、光ピックアップ装置の説明は省略する。

【0072】図6は、対物レンズ16を模式的に示した断面図(a)および対物レンズ16を光源側から見た正面図(b)である。なお、一点鎖線は光軸を示している。

【0073】対物レンズ16は、光源側の屈折面S1および光ディスク20側の屈折面S2とはともに非球面形状を呈した正の屈折力を有した凸レンズである。本実施の形態においては、第2光束の位相を、第1光束および第3光束の位相とずらすために、対物レンズ16の光源側の屈折面S1には、光軸と同心状に複数(本実施の形態では3つ)の第1分割面Sd1～第3分割面Sd3から構成し、分割面Sd1～Sd3の境界は段差を設けて、それぞれの分割面Sd1～Sd3を形成している。この分割面Sd1～Sd3のうち第2分割面Sd2を第1の実施形態における位相調整素子162の機能をもたせる。この対物レンズ16において、上述した第1の実施の形態と同様に、光軸を含む第1分割面Sd1を通過する光束(第1光束)は第1光ディスクに記録された情報の再生および第2光ディスクに記録された情報の再生に利用し、第1分割面Sd1より外側の第3分割面Sd3を通過する光束(第3光束)は主に第1光ディスクに記録された情報の再生に利用し、第1分割面Sd1と第3分割面Sd3に挟まれた第2分割面Sd2を通過する光束(第2光束)の位相を、第1光束および第3光束の位相とずらし、主に第2光ディスクに記録された情報の再生に利用するような形状となっている。これにより、光源からの光を光量損失をおさえつつ、1つの集光光学系で複数(本実施の形態では2つ)の光ディスクの再生が可能となる。しかも、この場合第2光ディスクの再生時には第3光束の大部分は不要光であるが、この不要光が第2光ディスクの再生には利用されないので、絞り17を第1光ディスクの再生に必要な開口数にしておくだけで、絞り17の開口数を変える手段を何ら必要とせずに再生することができる。

【0074】次に、本実施形態を、対物レンズ16で光ディスクの透明基板を介したときの波面収差図である図7に基づいて詳述する。図7(a)は、第1光ディスクの透明基板(厚さt1)を介したときの波面収差図であり、図7(b)は、第2の光ディスクの透明基板(厚さt2)を介したときの波面収差図であり、図7(c)は、第2の光ディスクの透明基板を介したときの波面収差と等価な波面収差図である。

【0075】上述したように、本実施の形態の対物レンズ16は、所定の倍率(本実施の形態では倍率m=0)で厚さt1の透明基板を介したときの波面収差は図7

(a)に示すように、光軸(横軸において左端)からNALまでの第1分割面Sd1を通過した第1光束と、NAHからNA1までの第3分割面Sd3を通過した第3光束による波面収差は、 $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下となっている。また、NALからNAHまでの第2分割面Sd2を通過した第2光束は、本実施の形態においては第2分割面Sd2を凸に設けたため、第1光束および第3光束に比べ位相が遅れるために、波面収差が発生している

が、第1光ディスクの再生には大きな影響はない。

【0076】また、この対物レンズ16を厚さ t_2 の透明基板を介したときの波面収差は図7(b)に示すようになる。この波面収差図をみると、波面収差が大きく発生し、第2の光ディスクを再生することができないように思われる。しかしながら、第1の実施の形態の説明中および後段において述べるように、発生した「 $+a \times \lambda$ 」に相当する波面収差は、「 $+a \times \lambda$ 」に相当する波面収差がない場合と等価として考えることができるため、スポット形状(点像振幅分布)の観点から見た波面収差図は図7(c)のようになる。この収差図からも明らかのように、第2光束の位相をずらすことにより、スポット形状(等価な波面収差図)としては第2光ディスクの再生に何ら問題がない。また、図7(c)からわかるように、開口数NAHより大きいところでは急激に波面収差が増加するため、これが絞り効果を有することとなり、絞り17の開口数を変えなくても第2光ディスクを再生することが可能となる。

【0077】このような集光光学系(本実施の形態においては対物レンズ16)を用いると、透明基板の厚さが異なる複数の光ディスクを1つの集光光学系で再生することが可能となり、また、任意に面を設定できることにより、第2光ディスクの再生に必要な開口数NA2を大きくすることができる。また、光軸近傍の光束(第1光束)を複数の光ディスクの再生に利用することで、光源*

*からの光束の光量損失が少なくなる。しかも、第2光ディスク再生時には、ビームスポットのサイドローブを減少させ、ビーム強度の強い核を形成し、正確な情報が得られる。さらに、絞り17の開口数を変更する特別な手段を必要とせずに複数の光ディスクを1つの集光光学系で再生することができる。

【0078】ところで、このような対物レンズ16の設計方法について説明する。対物レンズ16を設計するに際しては、まず、透明基板の厚さが t_1 の第1光ディスクに集光させた光束の最良波面収差が $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下となるように第1屈折面S1の非球面と第2屈折面S2を設計する。この第1屈折面S1の非球面の一部である第2光ディスクの必要開口数NA2近傍であるNAL~NAHに相当する位置を、光軸方向にシフトさせた面を設計し、これら非球面とシフトさせた面とを合成する。

【0079】この対物レンズ16の設計方法によると、光軸を含む第1分割面Sd1と第2分割面Sd2と第3分割面Sd3とは同じ非球面形状となり、複数の光ディスクを再生できる1つの対物レンズ16を設計するに際して、設計を容易とすることができる。

【0080】本実施の形態において非球面の式は、

【0081】

【数1】

$$X = (H^2/r) / \left[1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/r)^2} \right] + \sum_i A_i H^{P_i}$$

【0082】に基づくものとする。但し、Xは光軸方向の軸、Hは光軸と垂直方向の軸、光の進行方向を正とし、rは近軸曲率半径、Kは円錐係数、 A_i は非球面係数、 P_i は非球面のべき数(但し、 $P_i \geq 3$)である。なお、本発明には、上式以外の他の非球面の式を用いてもよい。なお、非球面形状から非球面の式を求める際には、上式を用い、 P_i を $3 \leq P_i \leq 10$ の自然数とし、 $K=0$ として求める。

【0083】さらに、本実施の形態を、 $t_1=0.6 \text{ mm}$ 、 $t_2=1.2 \text{ mm}$ 、 $610 \text{ nm} < \lambda$ (光源の波長) $< 670 \text{ nm}$ 、 $0.32 < \text{NA}2 < 0.41$ としたとき、第1光ディスクと第2光ディスクとを1つの集光光学系(対物レンズ16)で再生するには、 $0.85 \times (\text{NA}2) < \text{NAL} < 1.1 \times (\text{NA}2)$ の条件を満たすことが好ましい。

【0084】この下限を越すとサイドローブが大きくなり情報の正確な再生ができず、上限を越すと波長 λ とNA2において想定される回折限界スポット径以上に絞られるすぎる。

【0085】また、 $0.01 < \text{NAH} - \text{NAL} < 0.1$ の条件を満たすことが好ましい。この下限を越すと第2光ディスクの再生時のスポット形状が悪化し、サイドロ

ーブ・スポット径が大きくなり、上限を越すと第1光ディスクの再生時のスポット形状が乱れ、光量低下を引き起こす。

【0086】さらに、NALからNAHまでの第2光束の位相と光軸からNALまでの第1光束の位相との位相のずれである位相差を Δ とすると、 $\lambda/8 + a \times \lambda < \Delta < 5 \times \lambda/8 + a \times \lambda$ (但しaは、整数)の位相差の条件を満たすことが好ましい。上限および下限を越すと、第2光ディスク再生時のスポット径が小さくなりすぎ、しかも、サイドローブ比が大きくなる。

【0087】また、屈折率nの対物レンズ16に、光軸方向の長さをEの段差部(本実施の形態では第2分割面の凸)を設けたときの位相差 Δ は、

$$\Delta = (n \times \cos \theta' - 1) E$$

で近似される。但し、長さEは、対物レンズ16の厚さが薄くなく場合を負、厚くなる場合を正とし、また、位相差 Δ は、位相がすすむことを負、位相が遅れることを正とし、 θ' は、第2分割面Sd2で屈折後の光線直進したとして光軸と交わる角度とする。

【0088】従って、第2分割面Sd2の段差(光軸方向にシフトする量)として、 $(\lambda/8 + a \times \lambda) / (n \times \cos \theta' - 1)$ 以上、 $(5 \times \lambda/8 + a \times \lambda) /$

10

20

30

40

50

($n \times \cos \theta' - 1$) 以下の段差の条件を満足することが好ましい。この範囲をはざれると、第2光ディスク再生時のスポット径が小さくなりすぎ、しかも、サイドローブ比が大きくなる。

【0089】上述した位相差の条件および段差の条件において、上限および下限で「 $+a \times \lambda$ 」が加えられているのは、位相を「 $+a \times \lambda$ 」分ずらしたとしても、波面収差図でみると「 $+a \times \lambda$ 」に相当する波面収差が発生するが、「 $+a \times \lambda$ 」に相当する波面収差がない場合と等価として考えることができるために、スポット形状（点像振幅分布）が変化しない。

【0090】さらに、上述した位相差の条件および段差の条件において $|a| \leq 30$ を満足することが好ましい。この $|a|$ の上限を越えると、半導体レーザの波長のバラツキ・波長変動（ $\pm 5 \text{ nm}$ 程）により、スポット形状を安定させることが難しい。

【0091】以上の説明においては、光ディスクの再生について説明したが、これに限られず、光ディスクの情報記録面への情報の記録にも本実施の形態を適用できる。

【0092】また、位相をずらすために第2分割面Sd2を凸形状としたが、凹形状でもよく、光ディスク側の面に設けてもよいことは言うまでもない。また、他の集光光学系の素子、例えばコリメータレンズ13に設けてもよい。さらに、本実施の形態では、位相差を与えるために、第2分割面Sd2を光軸方向にシフトさせたが、これに限られず、NAL~NAHに相当する位置に対物レンズ16の屈折率(n)とは異なる屈折率(n')の材料をコーティング等によりつけてもよい（この場合の位相差は、 $\Delta = (n' \times \cos \theta' - 1) E$ となる）。この場合、上述した位相差の条件および段差の条件の n は n' に置き換える。

【0093】また、本実施の形態では、コリメータレンズ13を用いた、いわゆる無限系の対物レンズ161を用いたが、コリメータレンズ13がなく光源からの発散光が直接または発散光の発散度を減じるレンズを介した発散光が、入射するような対物レンズや、光源からの光束を収れん光に変更するカップリングレンズを用い、その収れん光が入射するような対物レンズに適用してもよい。

【0094】また、本実施の形態では、分割面Sd1~Sd3の境界に段差を設けたが、例えば所定の曲率半径の面で接続させてもよい。また、本実施の形態では、第1分割面Sd1~第3分割面Sd3の3つの分割面で構成したが、これに限られず、少なくとも3つ以上の分割面で構成すればよい。また、本実施の形態では、光源側から見たときに、第2分割面Sd2を光軸と同心円状のリング形状で設けたが、これに限られず、途切れたリング形状で設けてもよい。また、本実施の形態は回転対称の位相調整素子162として効果を説明したが、光ピッ

クアップ装置に用いられる集光光学系に用いられる光源は必ずしも回転対称でなく、半導体レーザは回転非対称の発光特性をもち、また、光情報記録媒体がDVDやCDなどの光ディスクの場合、情報はビットとして記録されており、ビットに平行な方向と直交する方向とでは非対称である。特にビットに平行な方向に関してサイドローブが大きくなるとジッターが悪化する。従って、ジッター方向に本実施の形態のような位相の制御を行うことで目的は達成可能となる。また、光源として非点収差のある半導体レーザを用いる場合、それを打ち消すために、光学面を回転非対称にする公知の技術と組み合わせてもよい。

【0095】また、本実施の形態では第2分割面Sd2は、第1分割面Sd1および第3分割面Sd3とおなじ非球面であるが、これを異ならせてもよい。

【0096】（第3の実施の形態）次に、第3の実施の形態について、光ピックアップ装置の概略構成図である図8に基づいて説明する。上述した第2の実施の形態では光ピックアップ装置10として1つの光源11を用いた実施の形態であったが、本実施の形態は再生する光ディスク毎に複数の光源を用いた光ピックアップ装置10である。なお、特に断らない限り上述した第2の実施の形態と同じなので説明を省略する。

【0097】本実施の形態においては、第1光ディスクの再生時には第1光源である第1半導体レーザ111（波長 $\lambda_1 = 610 \text{ nm} \sim 670 \text{ nm}$ ）と、第2光ディスクの再生時には第2光源である第2半導体レーザ112（波長 $\lambda_2 = 740 \text{ nm} \sim 870 \text{ nm}$ ）とを有している。また、合成手段19は、第1半導体レーザ111から出射された光束と第2半導体レーザ112から出射された光束とを合成することが可能な手段であって、両光束を1つの集光光学系を介して光ディスク20に集光させるために、同一光路となす手段である。

【0098】このような光ピックアップ装置10の集光光学系の1つである対物レンズ16に、第2の実施の形態に記載したような対物レンズ16を用いる。すなわち、対物レンズ16は、光源側の屈折面S1および光ディスク20側の屈折面S2はともに非球面形状を呈した正の屈折力を有した凸レンズであり、光源側の屈折面S1は、光軸と同心状に複数（本実施の形態では3つ）の第1分割面Sd1~第3分割面Sd3から構成し、分割面Sd1~Sd3の境界は段差を設ける。そして、第1分割面Sd1および第3分割面Sd3は、第1光源111から出射して第1光ディスクに集光させた光束の最良波面収差が $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下となるような非球面で形成する。また、第2分割面Sd2は、第1分割面Sd1および第3分割面Sd3と同じ非球面を、第1光束および第3光束と位相がずれるように、光軸方向にシフトさせる。

【0099】本実施の形態では2つの光源111、112

2を用いているので、以下の好ましい範囲が上述した第2の実施の形態と異なる。

【0100】すなわち、 $t_1 = 0.6 \text{ mm}$ 、 $t_2 = 1.2 \text{ mm}$ 、 $610 \text{ nm} < \lambda_1 < 670 \text{ nm}$ 、 $740 \text{ nm} < \lambda_2 < 870 \text{ nm}$ 、 $0.40 < \text{NA}2 < 0.51$ としたとき、 $0.85 \times (\text{NA}2) < \text{NAL} < 1.1 \times (\text{NA}2)$ の条件を満たすことが好ましい。この下限を越すとサイドローブが大きくなり情報の正確な再生ができず、上限を越すと波長 λ と $\text{NA}2$ において想定される回折限界スポット径以上に絞られすぎる。

【0101】また、 $0.01 < \text{NAL} - \text{NAH} < 0.1$ の条件を満たすことが好ましい。この下限を越すと第2光ディスクの再生時のスポット形状が悪化し、サイドローブ・スポット径が大きくなり、上限を越すと第1光ディスクの再生時のスポット形状が乱れ、光量低下を引き起こす。

【0102】さらに、 NAL から NAH までの第2光束の位相と光軸から NAL までの第1光束の位相との位相のずれである位相差を Δ とすると、 $3 \times (\lambda_2) / 16 + \alpha \times (\lambda_2) < \Delta < 11 \times (\lambda_2) / 16 + \alpha \times (\lambda_2)$ (但し、 α は整数)の位相差の条件を満たすことが好ましい。上限および下限を越すと、第2光ディスク再生時のスポット径が小さくなりすぎ、しかも、サイドローブ比が大きくなる。

【0103】また、屈折率 n の対物レンズ16に、光軸方向の長さを E の段差部(本実施の形態では第2分割面の凸)を設けたときの位相差 Δ は、

$$\Delta = (n \times \cos \theta' - 1) E$$

で近似される。但し、長さ E は、対物レンズ16の厚さが薄くなく場合を負、厚くなる場合を正とし、また、位相差 Δ は、位相がすすむことを負、位相が遅れることを正とし、 θ' は、第2分割面 $\text{Sd}2$ で屈折後の光線直進したとして光軸と交わる角度とする。

【0104】従って、第2分割面 $\text{Sd}2$ の段差(光軸方向にシフトする量)として、 $(3 \times (\lambda_2) / 16 + \alpha \times (\lambda_2)) / (n \times \cos \theta' - 1)$ 以上、 $(11 \times (\lambda_2) / 16 + \alpha \times (\lambda_2)) / (n \times \cos \theta' - 1)$ 以下である段差の条件を満たすことが好ましい。この範囲をはずれると、第2光ディスク再生時のスポット径が小さくなりすぎ、しかも、サイドローブ比が大きくなる。

【0105】なお、上述した位相差の条件および段差の条件において、上限および下限で「 $+\alpha \times \lambda$ 」が加えられているのは、位相を「 $+\alpha \times \lambda$ 」分ずらしたとしても、波面収差図でみると「 $+\alpha \times \lambda$ 」に相当する波面収差が発生するが、「 $+\alpha \times \lambda$ 」に相当する波面収差がない場合と等価として考えることができるために、スポット形状(点像振幅分布)が変化しない。

【0106】さらに、上述した位相差の条件および段差の条件において $|\alpha| \leq 40$ を満足することが好まし

い。この $|\alpha|$ の上限を越えると、半導体レーザーの波長のバラツキ・波長変動($\pm 5 \text{ nm}$ 程)により、スポット形状を安定させることが難しい。

【0107】なお、上述した第2の実施の形態と同様に、分割面 $\text{Sd}1 \sim \text{Sd}3$ を対物レンズ16の屈折面 $\text{S}1$ に設けること、無限系の対物レンズを用いること。分割面に段差を設けること、分割面の数、第2分割面の面形状など、本実施の形態に記載した内容に限られるものではない。

10 【0108】また、本実施の形態では、第1光源111と第2光源112と w 合成手段19により合成するようにしたが、これに限られず、図1に示した光ピックアップ装置において光源11を第1光源111と第2光源112とに切り替わるようにしてもよい。

【0109】

【実施例】以下の実施例においては、第1光ディスクとしてDVD(透明基板の厚さ $t_1 = 0.6 \text{ mm}$ 、必要な開口数 $\text{NA}1 = 0.60$ ($\lambda = 635 \text{ nm}$)を用い、第2光ディスクとしてCD(透明基板の厚さ $t_2 = 1.2 \text{ mm}$ 、必要な開口数 $\text{NA}2 = 0.376$ ($\lambda = 635 \text{ nm}$)あるいは $\text{NA}2 = 0.45$ ($\lambda = 780 \text{ nm}$))を用いることにする。なお、以下の対物レンズ16の例においては、コリメータレンズ13は、設計を最適にすることにより対物レンズ16へは略無収差の平行光束を入射させることができるため、以下の例においては略無収差の平行光束を射出できるコリメータレンズ13を使用することを前提として、対物レンズ16へ光束が入射して以降の構成を示す。また、対物レンズ16の光源側の配置される絞りを第1面として、ここから順に第 i 番目のレンズ面の曲率半径を r_i 、DVD再生時の第 i 番目の面と第 $i+1$ 番目の面との間の距離を d_i (CD再生時は、 d_i' に記載がある場合はその数値に変わり、記載がない場合は d_i と同じである)、その間隔のレーザー光源の光束の波長での屈折率を n_i で表している。また、光学面に非球面を用いた場合は、上述した非球面の式に基づくものとする。

【0110】(実施例1) 実施例1は、上述した第2の実施の形態の1光源の光ピックアップ装置10に搭載する対物レンズ16であって、第1屈折面 $\text{S}1$ の第2分割面 $\text{Sd}2$ (光軸からの高さが $1.250 \sim 1.400$ の範囲)を凸状に $0.3 \mu\text{m}$ 光源側にシフトさせた対物レンズ16に本発明を適用した例である。

【0111】表2および表3に対物レンズの光学データを示す。

【0112】

【表2】

波長λ		635nm		
焦点距離		3.36mm		
絞り径		Φ4.04mm		
対物レンズの横倍率		0		
0≤Y<1.250,1.400≤Y				
i	ri	di	di'	ni
1	∞	0.0000		1.0
2	2.114	2.2000		1.5383
3	-7.963	1.7567	1.3769	1.0
4	∞	0.6000	1.2000	1.58
1.250≤Y<1.400				
i	ri	di	di'	ni
1	∞	-0.0003		1.0
2	2.114	2.2003		1.5383

* 【0113】
【表3】

10

*

非球面データ		
第2面 (屈折面)	$\kappa = -0.88658$	
	$A1 = 0.51091 \times 10^{-2}$	P1=4.0
	$A2 = 0.27414 \times 10^{-3}$	P2=6.0
	$A3 = 0.11020 \times 10^{-4}$	P3=8.0
	$A4 = -0.72311 \times 10^{-5}$	P4=10.0
第3面 (屈折面)	$\kappa = -0.24879 \times 10^2$	
	$A1 = 0.94269 \times 10^{-2}$	P1=4.0
	$A2 = -0.32152 \times 10^{-2}$	P2=6.0
	$A3 = 0.53282 \times 10^{-3}$	P3=8.0
	$A4 = -0.37853 \times 10^{-4}$	P4=10.0

【0114】この対物レンズを用い厚さt1の透明基板 30
を介したとき（DVD再生時）の最良スポット形状が得
られたときの集光スポットの相対強度分布図を図9

（a）に、厚さt2の透明基板を介したとき（CD再生
時）の最良スポット形状が得られたときの集光スポット
の相対強度分布図を図9（b）に示す。

【0115】（実施例2）実施例2は、上述した第2の
実施の形態の1光源の光ピックアップ装置10に搭載す
る対物レンズ16であって、第1屈折面S1の第2分割
面Sd2（光軸からの高さが1.250～1.400の
範囲）を凸状に1.6μm光源側にシフトさせた対物レ
ンズ16に本発明を適用した例である。 40

【0116】表4および表5に対物レンズの光学データ
を示す。

【0117】

【表4】

波長λ		635nm		
焦点距離		3.36mm		
絞り径		Φ4.04mm		
対物レンズの横倍率		0		
0≤Y<1.250,1.400≤Y				
i	ri	di	di'	ni
1	∞	0.0000		1.0
2	2.114	2.2000		1.5383
3	-7.963	1.7567	1.3769	1.0
4	∞	0.6000	1.2000	1.58
1.250≤Y<1.400				
i	ri	di	di'	ni
1	∞	-0.0016		1.0
2	2.114	2.2016		1.5383

【0118】

【表5】

非球面データ		
第2面 (屈折面)	$\kappa = -0.88658$	
	$A1 = 0.51091 \times 10^{-2}$	$P1 = 4.0$
	$A2 = 0.27414 \times 10^{-3}$	$P2 = 6.0$
	$A3 = 0.11020 \times 10^{-4}$	$P3 = 8.0$
	$A4 = -0.72311 \times 10^{-5}$	$P4 = 10.0$
第3面 (屈折面)	$\kappa = -0.24879 \times 10^2$	
	$A1 = 0.94269 \times 10^{-2}$	$P1 = 4.0$
	$A2 = -0.32152 \times 10^{-2}$	$P2 = 6.0$
	$A3 = 0.53282 \times 10^{-3}$	$P3 = 8.0$
	$A4 = -0.37853 \times 10^{-4}$	$P4 = 10.0$

【0119】この対物レンズを用い厚さ t_1 の透明基板を介したとき(DVD再生時)の最良スポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を図10

(a)に、厚さ t_2 の透明基板を介したとき(CD再生時)の最良スポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を図10(b)に示す。

【0120】(実施例3)実施例3は、上述した第3の実施の形態の2光源の光ピックアップ装置10に搭載す*

*る対物レンズ16であって、第1屈折面S1の第2分割面Sd2(光軸からの高さが1.400~1.550の範囲)を凸状に0.5 μ m光源側にシフトさせた対物レンズ16に本発明を適用した例である。

【0121】表6および表7に対物レンズの光学データを示す。

【0122】

【表6】

波長 λ		635nm		780nm	
焦点距離		3.36mm		3.39nm	
絞り径		$\Phi 4.04\text{mm}$			
対物レンズの横倍率		0			
$0 \leq Y < 1.400, 1.550 \leq Y$					
i	r_i	d_i	d_i'	n_i	n_i'
1	∞	0.0000		1.0	1.0
2	2.114	2.2000		1.5383	1.5336
3	-7.963	1.7567	1.3870	1.0	1.0
4	∞	0.6000	1.2000	1.58	1.55
$1.400 \leq Y < 1.550$					
i	r_i	d_i	d_i'	n_i	n_i'
1	∞	-0.0005		1.0	1.0
2	2.114	2.2005		1.5383	1.5336

【0123】

【表7】

非球面データ		
第2面 (屈折面)	$\kappa = -0.88658$	
	$A1 = 0.51091 \times 10^{-2}$	$P1 = 4.0$
	$A2 = 0.27414 \times 10^{-3}$	$P2 = 6.0$
	$A3 = 0.11020 \times 10^{-4}$	$P3 = 8.0$
	$A4 = -0.72311 \times 10^{-5}$	$P4 = 10.0$
第3面 (屈折面)	$\kappa = -0.24879 \times 10^2$	
	$A1 = 0.94269 \times 10^{-2}$	$P1 = 4.0$
	$A2 = -0.32152 \times 10^{-2}$	$P2 = 6.0$
	$A3 = 0.53282 \times 10^{-3}$	$P3 = 8.0$
	$A4 = -0.37853 \times 10^{-4}$	$P4 = 10.0$

【0124】この対物レンズを用い厚さ t_1 の透明基板を介したとき(DVD再生時)の最良スポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を図11

(a)に、厚さ t_2 の透明基板を介したとき(CD再生時)の最良スポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を図11(b)に示す。

【0125】(実施例4)実施例4は、上述した第3の実施の形態の2光源の光ピックアップ装置10に搭載す*

*る対物レンズ16であって、第1屈折面S1の第2分割面Sd2(光軸からの高さが1.400~1.550の範囲)を凹状に1.1 μ m光ディスク側にシフトさせた対物レンズ16に本発明を適用した例である。

【0126】表8および表9に対物レンズの光学データを示す。

【0127】

【表8】

波長 λ		635nm	780nm		
焦点距離		3.36mm	3.39mm		
絞り径		$\Phi 4.04\text{mm}$			
対物レンズの横倍率		0			
$0 \leq Y < 1.400, 1.550 \leq Y$					
i	r_i	d_i	d_i'	n_i	n_i'
1	∞	0.0000		1.0	1.0
2	2.114	2.2000		1.5383	1.5336
3	-7.963	1.7567	1.3870	1.0	1.0
4	∞	0.6000	1.2000	1.58	1.55
$1.400 \leq Y < 1.550$					
i	r_i	d_i	d_i'	n_i	n_i'
1	∞	0.0011		1.0	1.0
2	2.114	2.1989		1.5383	1.5336

【0128】

【表9】

非球面データ		
第2面 (屈折面)	$\kappa = -0.88658$	
	$A1 = 0.51091 \times 10^{-2}$	$P1 = 4.0$
	$A2 = 0.27414 \times 10^{-3}$	$P2 = 6.0$
	$A3 = 0.11020 \times 10^{-4}$	$P3 = 8.0$
	$A4 = -0.72311 \times 10^{-5}$	$P4 = 10.0$
第3面 (屈折面)	$\kappa = -0.24879 \times 10^2$	
	$A1 = 0.94269 \times 10^{-2}$	$P1 = 4.0$
	$A2 = -0.32152 \times 10^{-2}$	$P2 = 6.0$
	$A3 = 0.53282 \times 10^{-3}$	$P3 = 8.0$
	$A4 = -0.37853 \times 10^{-4}$	$P4 = 10.0$

【0129】この対物レンズを用い厚さ t_1 の透明基板を介したとき（DVD再生時）の最良スポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を図12

(a)に、厚さ t_2 の透明基板を介したとき（CD再生時）の最良スポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を図12(b)に示す。

【0130】（実施例5）実施例5は、上述した第1の実施の形態の位相調整素子162を設けた実施例である。位相調整素子162は、屈折率 $n = 1.51455$ の厚さ 1.5mm の平板に、光源側の面であって光軸からの高さが $1.250 \sim 1.400$ の範囲にリング状の凸部を設けたものである。この凸部は、 TiO_2 （屈折率 $n' = 2.2$ ）を厚さ $0.13\mu\text{m}$ コートしたものである。

【0131】表10および表11に光学データを示す。

【0132】

【表10】

波長 λ		635nm		
焦点距離		3.36mm		
絞り径		$\Phi 4.04\text{mm}$		
対物レンズの横倍率		0		
$0 \leq Y < 1.250, 1.400 \leq Y$				
l	r i	d i	d i'	n i
1	∞	0.50000		1.0
2	∞	0.00013		1.0
3	∞	1.50000		1.51455
4	∞	0.50000		1.0
5	2.114	2.20000		1.5383
6	-7.963	1.75665	1.37690	1.0
7	∞	0.60000	1.20000	1.58
$1.250 \leq Y < 1.400$				
l	r i	d i	d i'	n i
2	2.114	0.00013		2.2

【0133】

【表11】

非球面データ		
第2面 (屈折面)	$\kappa = -0.88658$	
	$A1 = 0.51091 \times 10^{-2}$	$P1 = 4.0$
	$A2 = 0.27414 \times 10^{-3}$	$P2 = 6.0$
	$A3 = 0.11020 \times 10^{-4}$	$P3 = 8.0$
	$A4 = -0.72311 \times 10^{-5}$	$P4 = 10.0$
第3面 (屈折面)	$\kappa = -0.24879 \times 10^2$	
	$A1 = 0.94269 \times 10^{-2}$	$P1 = 4.0$
	$A2 = -0.32152 \times 10^{-2}$	$P2 = 6.0$
	$A3 = 0.53282 \times 10^{-3}$	$P3 = 8.0$
	$A4 = -0.37853 \times 10^{-4}$	$P4 = 10.0$

【0134】これを用い厚さ t_1 の透明基板を介したとき（DVD再生時）の最良スポット形状が得られたとき

の集光スポットの相対強度分布図を図13(a)に、厚さt2の透明基板を介したとき(CD再生時)の最良スポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を図13(b)に示す。

【0135】以上、実施例1～実施例5によると、DVDとCDの2つの光ディスクに記録された光情報が良好に再生できた。また、実施例3、4においては、CD-Rも良好に再生できた。

【0136】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明においては、1つの集光光学系で複数の光情報記録媒体を再生でき、低コストかつ複雑化しないで実現でき、さらに、高NAの光情報記録媒体にも対応できる。さらに、本発明では、球面収差にとらわれることなく、位相をずらすことにより、複数の光情報記録媒体の再生を1つの集光光学系で行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図2】対物レンズ単体でみたときの球面収差図および波面収差図である。

【図3】対物レンズおよび位相調整素子を模式的に示した断面図(a)および位相調整素子を光源側から見た正面図(b)である。

【図4】対物レンズと位相調整素子で光ディスクの透明基板を介したときの波面収差図である。

【図5】第2の実施の形態の光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図6】第2の実施の形態の対物レンズを模式的に示した断面図(a)および対物レンズを光源側から見た正面図(b)である。

【図7】第2の実施の形態の対物レンズで光ディスクの

透明基板を介したときの波面収差図である。

【図8】第3の実施の形態の光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図9】実施例1の対物レンズを用いて最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図である。

【図10】実施例2の対物レンズを用いて最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図である。

【図11】実施例3の対物レンズを用いて最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図である。

【図12】実施例4の対物レンズを用いて最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図である。

【図13】実施例5を用いて最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図である。

【符号の説明】

10 光ピックアップ装置

11 半導体レーザ(光源)

13 コリメータレンズ

16、161 対物レンズ

17 絞り

20 光情報記録媒体(光ディスク)

21 透明基板

22 情報記録面

S1、S2 屈折面

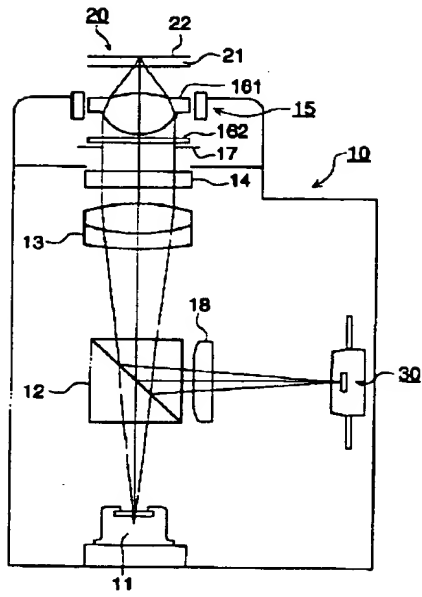
Sd1～Sd3 分割面

111 第1光源(第1半導体レーザ)

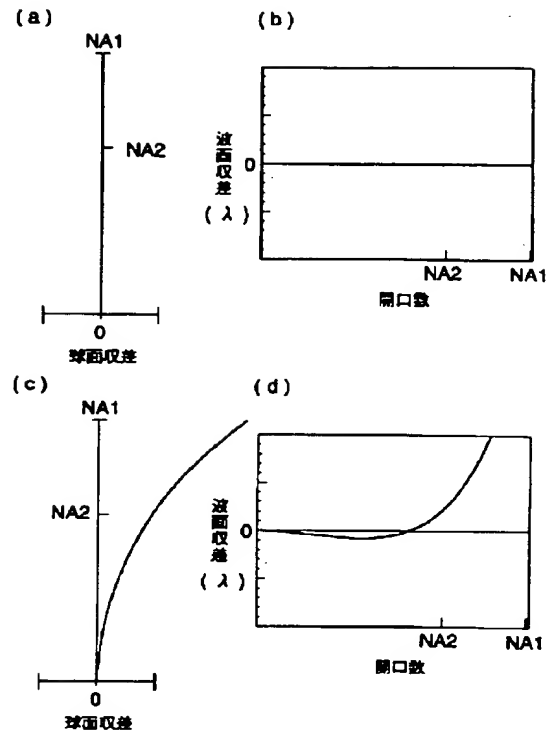
112 第2光源(第2半導体レーザ)

162 位相調整素子

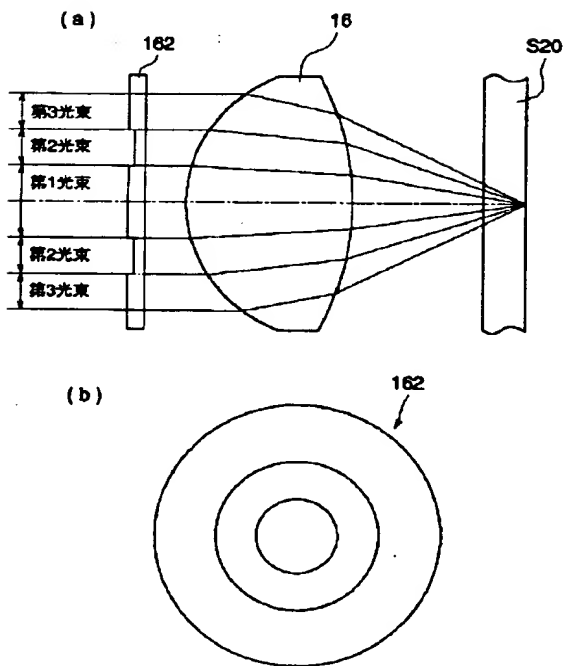
【図1】



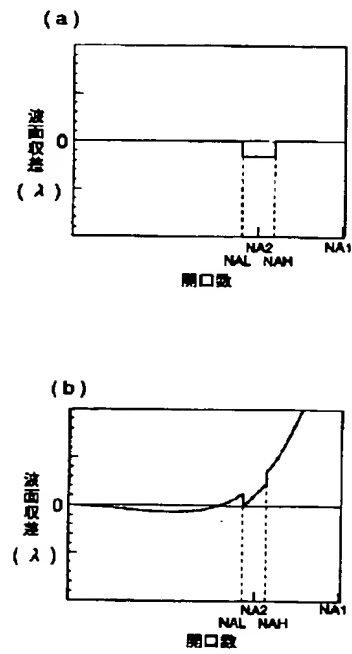
【図2】



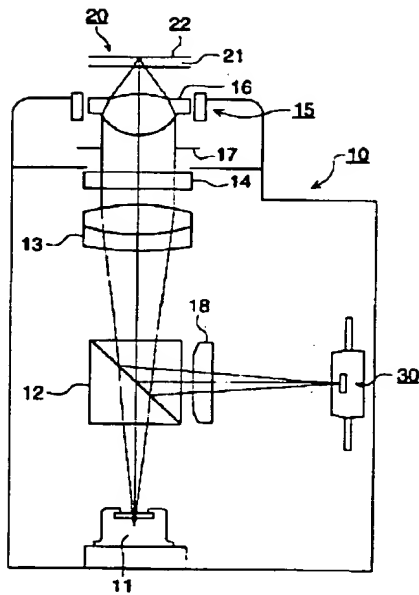
【図3】



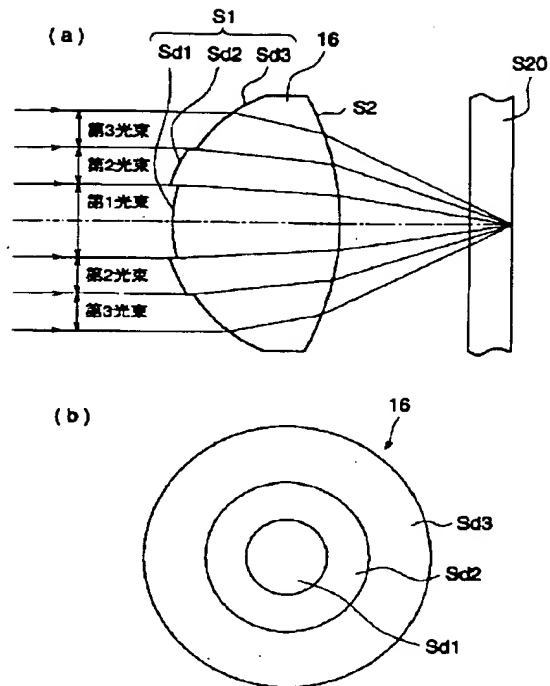
【図4】



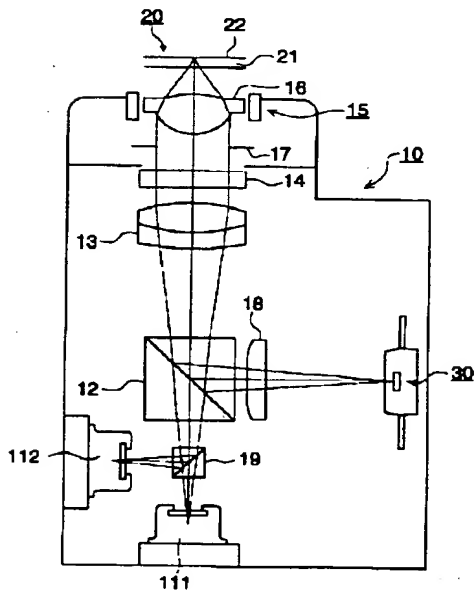
【図5】



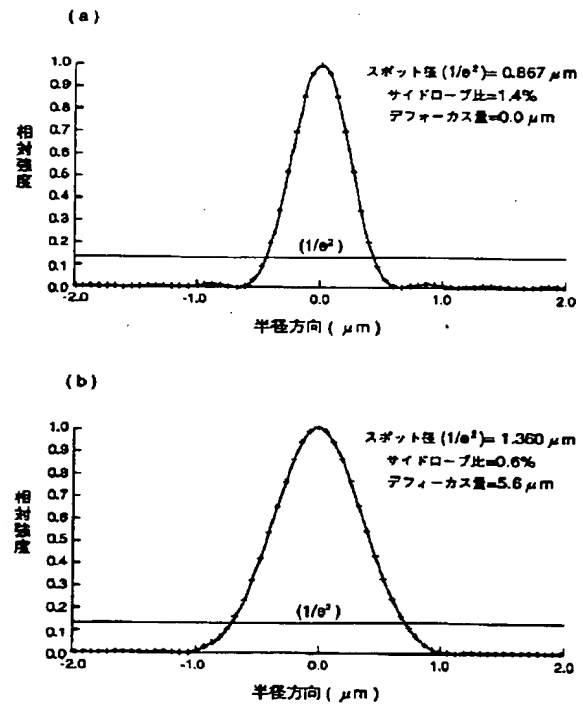
【図6】



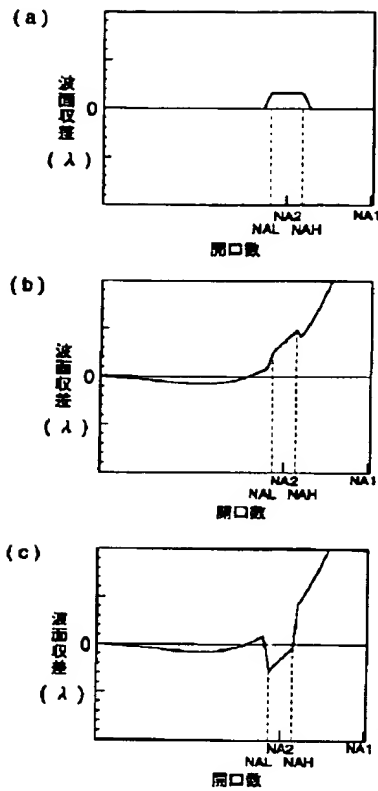
【図8】



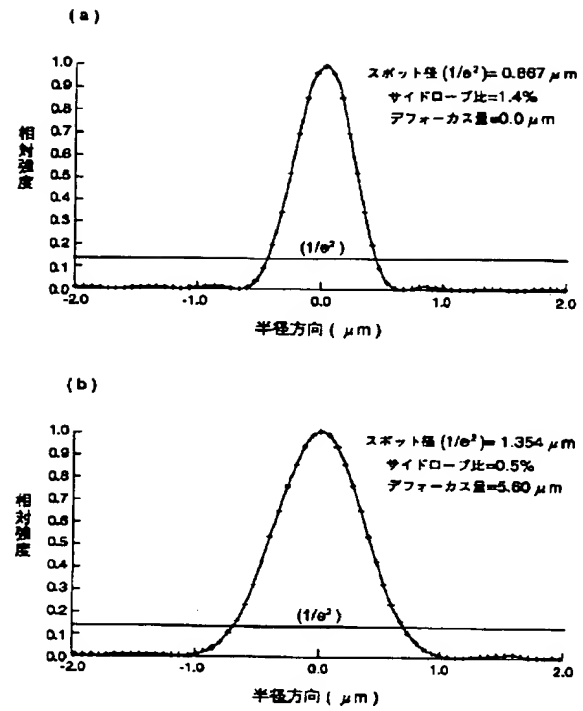
【図9】



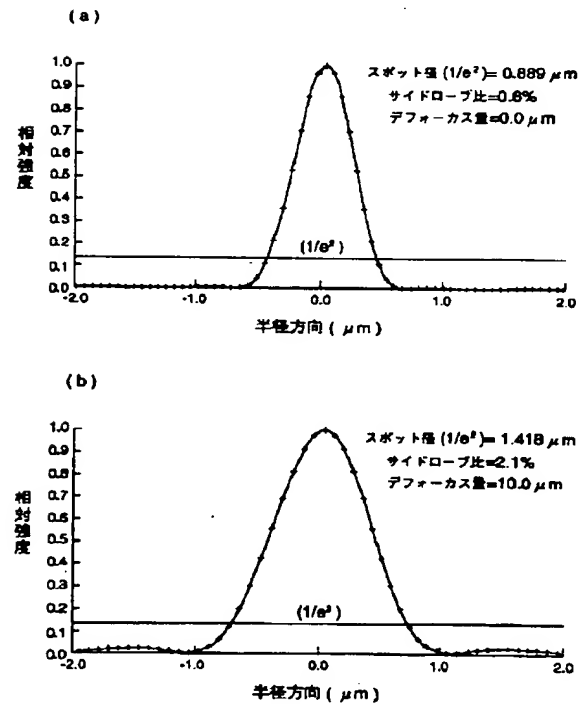
【図7】



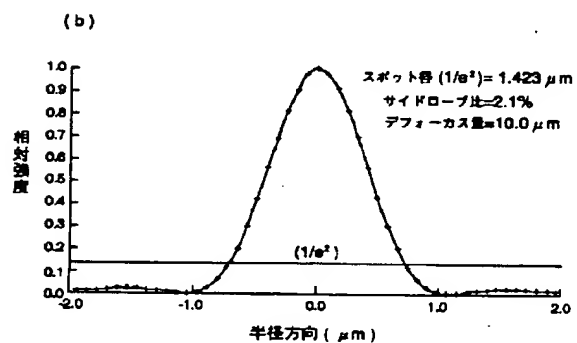
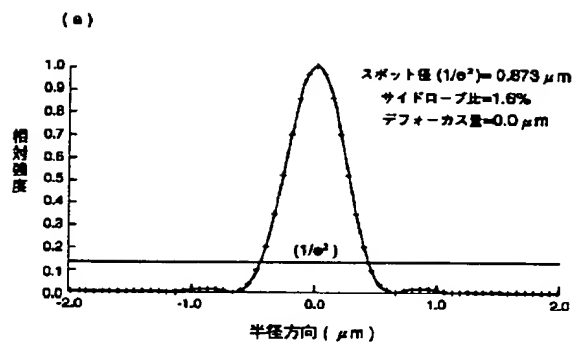
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

